

# 903 差動カム式非接触微小ねじりトルク計に関する研究

Study on Non-contact Micro-Torsion-Torquemeter Using Two Differential Cams

○学 齋藤 淳也 (新潟大院)  
 正 大木 基史 (新潟大)  
 上村 大義 (国際電気(株))

正 石橋 達弥 (新潟大)  
 学 山本 太一 (新潟大院)

Junya SAITO, Tatsuya ISHIBASHI, Motofumi OHKI, Taichi YAMAMOTO  
 Faculty of Engineering, Niigata University 8050 2-no-cho Ikarashi, Niigata 950-21, JAPAN  
 Daigi KAMIMURA : KOKUSAI ELECTRIC Co.,Ltd.  
 Key words: Non-contact Torquemeter, Differential Linear Cam, Torsion Leaf Spring, Photo Sensor

## 1. 緒言

本報告では前報<sup>1)</sup>に続いて、入力軸と出力軸とが回転しながらトルクを伝達している状態の測定を目的としたねじりトルク計において、静トルク、動トルクの測定、機器自体の小型化と軽量化の容易さ、および微小トルクの測定ができると同時に安価で簡単な構造の非接触式トルク計について検討を行った。

## 2. 非接触式微小ねじりトルク計の構造と原理

### 2-1 構造

Fig.1に本トルク計のシステム図を示す。

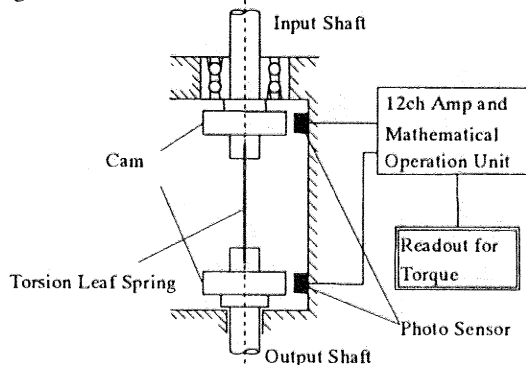


Fig.1 Diagram of Micro-Torsion-Torquemeter System

本トルク計はトルク計自体の摩擦力による測定トルクへの影響を避けるため、入力軸のみにベアリングを挿入し、出力軸部にはベアリングのない構造とした。測定システムとしては、伝達軸に作用するトルクによるねじれを入出力軸に取り付けた2個の同形状のカムにより端面変位に変換する部分と、フォトセンサからの変位信号を処理する部分とに分かれる。

### 2-2 ねじれ変換部の構造

本報ではねじれ部に薄板ねじりバネ方式を採用した。ばねの諸元は幅10mm、厚さ0.6mm、有効長さ55.5mmであり、負荷トルク2.5kgf・cmの時、約15°のねじれを生ずるように設計してある。

### 2-3 カム形状

反射面となるカムは、基礎円半径 $r_g=10\text{mm}$ 、最大端面変位 $H=5.86\text{mm}$ である8枚歯カムを用いた。このカムはワイヤ一放電加工で作成したものである。(Fig.2(a))

今、最大端面変位を $H$ 、回転角を $\alpha$ とすると、回転角度と端面変位差 $h_D$ の関係式は次式(1)のように表され、結果として $h_D$ は $\alpha$ にほぼ比例することになる。(Fig.2(b))

$$h_D = \frac{(3 - \sqrt{2})\sin \alpha + (\sqrt{2} - 1)\cos \alpha}{\sin \alpha - \cos \alpha} \dots (1)$$

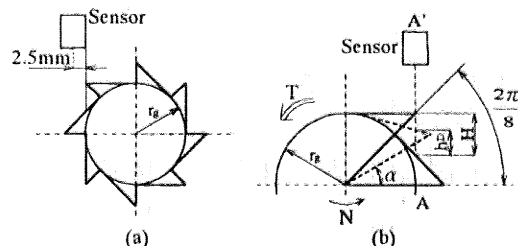


Fig.2 Geometry and Relative Position of Linear Cam

### 2-4 測定原理

入出力軸のカム片の相対的な位置関係をFig.2(b)に示す。図は、回転数 $N$ で回転し、トルク $T$ が作用して角変位差 $\alpha$ を生じたときを示す。A-A'線上での端面変位差は、 $h_D$ である。

### 2-5 変位信号処理法

入力軸と出力軸側の出力電圧の差をとることでトルクに応じた出力電圧を得ることができるが、さらにカムの歯1/2分の位相を持つ位置にセンサを配置し、それらを切り替えることで静止トルクの測定も可能となるが、この方法では軸の偏心がある場合には、反射面とセンサの距離が変化し、センサにより生ずる電圧の振幅が変化する。この解決法として、それぞれのセンサと点対称の位置にもう1つのセンサを配置し、各出力の平均を取ることで、軸の偏心の影響を受けないようにしたことは前報で報告した。(Fig.3)

さらに出力電圧の落ち込み部分をなくし、トルクと出力電圧の比例範囲を拡大するためには、チャンネル数を増やすことが考えられる。そこで本報ではFig.4に示すように、1つのカムにつき3対のセンサをそれぞれ15°(歯1/3枚)の位相差を持つような位置に配置し、合計12Chのセンサを用いた。

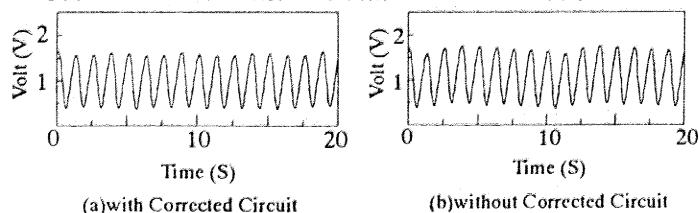


Fig.3 Wave Forms of Output Voltage

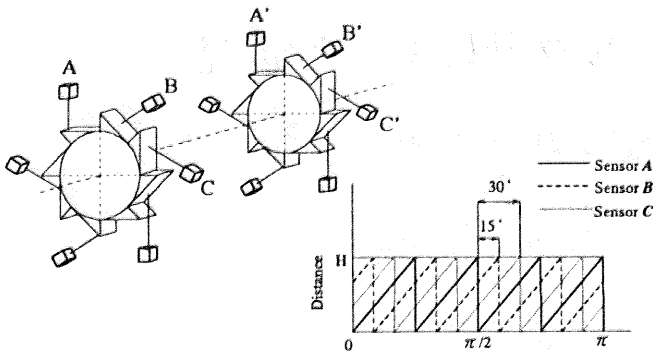


Fig.4 Install Position of Photo-Sensor

### 3. 試作トルク計

Fig.5に今回試作した差動カム式非接触トルク計の正面図、側面図を示す。微小トルク測定を考慮して出力軸側は、ベアリングによる摩擦の影響のないフレキシブルタイプのねじれ変換部を設計・製作した。

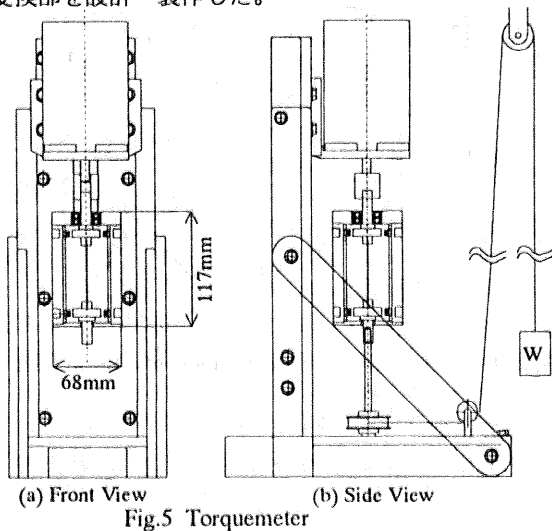


Fig.5 Torquemeter

### 4. 作用トルクー出力電圧検定実験

#### 4-1 検定方法

出力軸側に取り付けたプーリーにおもりを吊し一定のトルクをかけ(Fig.5(b))、回転させたときの出力 $h_D$ (V)の値とそのときの作用トルクと回転数との関係を調べた。作用トルクは、0.1kgf·cm, 0.2kgf·cm, 0.4kgf·cm, 0.6kgf·cm, 0.8kgf·cmの5段階、回転数は、3rpm, 6rpm, 12rpm, 30rpm, 60rpmの5段階でそれぞれ行った。

#### 4-2 検定結果

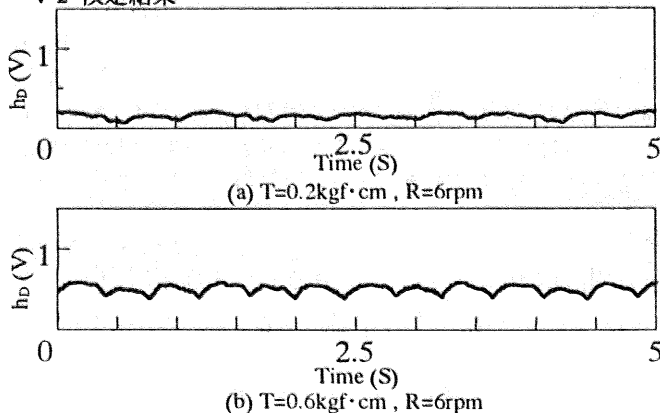


Fig.6 Actual Waveforms of Output Voltage

Fig.6に実際の出力線図の一例を示した。Fig.6(b)の波形に落ち込み部分があるのは、Fig.7(b)に示すように本トルク計の場合は原理的に負荷が増えると矩形波間に隙間が生ずるためである。また負荷が小さい場合に対する、Fig.6(a)のわずかな凹凸はセンサの取り付け位置の精度などが不十分のため発生したと考えられる。

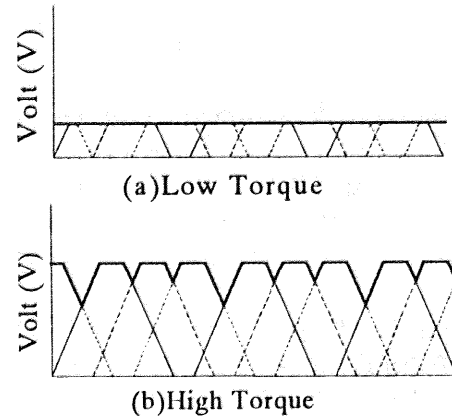


Fig.7 Output Voltage according to Difference of Torque

Fig.8に12chトルク計の検定結果を示す。今回得られた出力電圧 $h_D$ と作用トルク $T$ との関係は、回転数の違いによらず次式のような3次式で表せる。

$$T = 0.21h_D^3 + 0.03h_D^2 + 0.92h_D \dots (2)$$

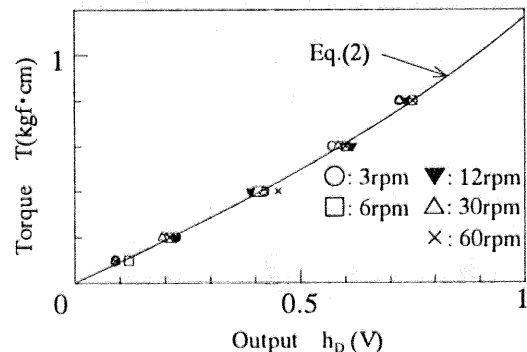


Fig.8 Output Voltage  $h_D$  ~ Torque T Curve

### 5. 結言

- (1)トルク計自体のベアリングの影響が測定トルクに入らない構造を考え、またねじれ部に薄板ねじりバネ方式を用いた微小トルク測定用非接触トルク計を試作した。
- (2)各センサと点对称の位置にもう一つセンサを配置し、合計12chとし、それらの出力電圧の平均を取ることで軸ぶれの影響が少なくなるような構成とした。
- (3)試作トルク計の検定実験を行った結果、作用トルク $T$ とフォトセンサ出力 $h_D$ との関係は、一本の3次式で与えられる。
- (4)静止トルクをより正確に測定するためには、センサの位置や出力特性およびカムの精度を向上し、出力電圧の変動幅を小さくする必要がある。

本研究に御協力いただいた4年生竹内知之君および機械工場技官の方々に感謝申し上げます。

#### 〈参考文献〉

- 1)上村、石橋、他：山梨講演論文集(96-10-26,甲府)